

PROGRAMME BLANC DU CONSEIL SCIENTIFIQUE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS
APPEL D'OFFRES 2012

Date limite de réception des dossiers : 1^{er} mars 2012

I – Fiche d'identité du projet et identification du coordinateur et des partenaires

Titre du Projet : Réseau de paraboles BAO

Durée du projet : 2 ans

Description courte du projet : *(une demi-page)*

La cartographie de l'univers en radio, à travers l'observation de la raie à 21 cm de l'hydrogène atomique, constitue une approche complémentaire aux relevés optiques pour l'étude des grandes structures, et des oscillations acoustiques baryoniques (BAO) en particulier. Un programme de recherche et développement en électronique a été initié par le LAL (CNRS/IN2P3) et l'IRFU (CEA) fin 2006, en vue d'un projet de relevé cosmologique à 21 cm avec des partenaires internationaux (Etats-Unis, Canada ...). En France, ce projet est mené depuis 2007 en collaboration avec l'observatoire de Paris (GEPI, LESIA, USN). La chaîne électronique développée pour ce projet (BAORadio) est aujourd'hui parfaitement opérationnelle; elle est également utilisée par le prototype FAN de réseau phasé au foyer du grand radio télescope de Nançay. L'objet de cette demande est le financement de la construction d'un petit réseau interférométrique comprenant 4 réflecteurs de petit diamètre à Nançay. Celui-ci constituerait un réseau prototype et de validation d'ingénierie pour un réseau plus grand (quelques centaines de paraboles), dédié à l'observation des grandes structures et des oscillations baryoniques à 21 cm, qui pourrait être construit dans un site approprié en Chine. L'étude et la réalisation des parties mécaniques, des cornets récepteurs et l'implantation à Nançay seraient faits sous la responsabilité de l'Observatoire de Paris. Les tests observationnels seraient réalisés en collaboration entre les équipes scientifiques.

Coordinateurs du projet :

Nom : **Martin**

Tél : 01 45 07 79 14

Laboratoire (nom complet)

Nom : **Ansari**

Tél : 01 45 07 75 79

Laboratoire (nom complet)

Prénom : **Jean-Michel**

e-mail : jean-michel.martin@obspm.fr

Galaxies, Etoiles, Physique et Instrumentation (GEPI)

Prénom : **Réza**

e-mail : ansari@lal.in2p3.fr

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire

Liste des équipes ou laboratoires partenaires (noms complets) :

Laboratoire de l'Accélérateur Linéaire (LAL, IN2P3, Orsay)

Service de Physique des Particules (SPP, IRFU, CEA, Saclay)

Laboratoire d'Etudes Spatiales Instrumentation Astrophysique

Unité Scientifique de la Station de Nançay

Récapitulatif global de la demande financière : (en € TTC)

Fonctionnement : **14.98 k€**

Equipement : **0.60 k€**

Précisez les financements extérieurs obtenus ou demandés : **total demandé 42.3 k€**

Demande soumise simultanément au CS du LAL/IN2P3

Demande de soutien financier en cours auprès du SPP/CEA

Financements extérieurs obtenus du PNCG.

Membres de l'équipe participant au projet :

NOM	Prénom	Laboratoire	Fonction	% du temps consacré au projet
Martin	Jean-Michel	GEPI	ast. adj, coI Meudon, tests, lien/ méca USN, GEPI	30
Mei	Simona	GEPI	Professeur, cosmologie	10
Rigaud	François	GEPI	projeteur, supports antennes, implantation, cornets focaux.	20
Colom	Pierre	LESIA	ast-adj, radioastronomie, tests	10
Pezzani	Jacques	USN	ingénieur, antennes	10
Viou	Cédric	USN	ingénieur, traitement du signal, acquisition digit.	10
Garnier	Samuel	USN	ingénieur, implantation logistique	10
Torchinsky	Steve	USN	ingénieur, suivi, lien avec SKA	5
Ansari	Réza	LAL	prof., PI, & coI coll. internationale, tests, logiciels/corrélateur	60
Campagne	Jean-Eric	LAL	chercheur, coI, tests, analyse des données (et données prog. HIcluster)	60
Moniez	Marc	LAL	chercheur, Resp. interféromètre prototype actuel.	30
Torrento	Ana-Sofia	LAL	Postdoc P2I (LAL, lien/GEPI), analyse des données (act. sur programme HIcluster)	50+? selon évol. du prog. HIcluster
Charlet	Daniel	LAL	ingénieur, acq. digitale	30
Mansoux	Bruno	LAL	ingénieur, informatique	5
Pailler	Claude	LAL	ingénieur, informatique	30
Taurigna	Monique	LAL	ingénieur, informatique	30
Marie	Rodolphe	LAL	dessinateur-projeteur, assistance à F.Rigaud	10
Abbon	Philippe	SPP	ingénieur, récepteurs	15
Yèches	Christophe	SPP	chercheur, BAO	
Magneville	Christophe	SPP	chercheur, BAO, traitement données interféromètres	

II – Compte rendu de l'utilisation des crédits 2011 (2 pages maximum)

Les projets BAORadio et FAN ont été soutenus par le LAL, l'Irfu, l'Observatoire de Paris (et ses laboratoires à Meudon et Nançay), le CNRS (PNC/PNCG Programme National Cosmologie et Galaxies, le Programme AstroParticules et P&U) et le GIS P2I (Physique des deux Infinis) depuis 2007. Les développements techniques ont été menés à un rythme soutenu grâce aux moyens mobilisés et la compétence des équipes impliquées. Un système complexe et performant de numérisation, d'acquisition et de traitement des signaux radio a ainsi pu être conçu et réalisé dans les quatre dernières années. Des outils de simulation et d'analyse, orientés en particulier vers les BAO en radio ont aussi été développés.

Voir III.1. B), III.2 et III.3 A) et B) à propos du contexte technique et des travaux précédemment réalisés sur financements LAL, CEA, PNCG et Observatoire de Paris (pour FAN).

III – Demande détaillée (inclut le CR des travaux précédents)

III.1. Contexte scientifique et technique

A) Energie noire et BAO en radio : Les questions concernant la nature et les propriétés de l'énergie noire se trouvent au cœur de la cosmologie et de la physique aujourd'hui. L'énergie noire (EN) est une composante mystérieuse responsable de l'accélération de l'expansion de l'Univers. Les preuves de cette accélération se sont en effet accumulées au cours de la dernière décennie grâce aux observations des supernovæ de type Ia, des anisotropies du fond diffus cosmologique (CMB) et de l'étude de la structure à grande échelle de l'univers (LSS).

Plusieurs sondes cosmologiques permettent de contraindre les propriétés de l'énergie noire ou son équation d'état : l'étude des supernovæ, des amas de galaxies, du cisaillement gravitationnel et de la structure à grande échelle de l'univers à travers les oscillations acoustiques baryoniques (BAO). Les oscillations acoustiques du plasma photons-baryons antérieures au découplage sont à l'origine des modulations du spectre de puissance de la distribution de matière, appelées BAO. Ces oscillations acoustiques ont clairement été mises en évidence dans les anisotropies du fond diffus. L'empreinte laissée par ces oscillations dans la distribution de matière a été également observée dans les relevés optiques des galaxies (SDSS, 2dFGRS...). La mesure de l'échelle de longueur des oscillations à différents redshifts constitue une sonde cosmologique de type « règle standard » et peut être utilisée pour contraindre l'équation d'état de l'énergie noire.

La distribution de matière dans l'univers peut bien sûr être observée en optique, en utilisant les galaxies comme traceur. L'observation radio de l'émission à 21 cm de l'hydrogène neutre est une méthode complémentaire pour déterminer la distribution de matière. U-L Pen et J. B. Peterson [1] ont proposé un projet radio en vue de cartographier la distribution de l'hydrogène atomique à travers son émission à 21 cm (transition hyperfine, 1.42 GHz à $z=0$). Les positions angulaires des sources d'émission dans le ciel seront déterminées par interférométrie radio, et le décalage vers le rouge (redshift) sera directement déduit de la fréquence de l'onde. Comparé au projet ambitieux en cours d'étude dans le consortium SKA[2], qui couvre de nombreux domaines de physique, l'instrument envisagé permettrait la cartographie de l'hydrogène atomique neutre jusqu'à $z\sim 2-3$ avec une résolution angulaire de l'ordre de la dizaine de minutes d'arc. Il est optimisé pour la mesure des oscillations baryoniques et pourrait par ailleurs valider certains concepts de SKA.

Il est important de noter que la méthode d'observation envisagée ici repose sur la cartographie de l'émission totale à 21 cm en fonction du décalage vers le rouge, sans rechercher l'observation des sources individuelles (galaxies) [3]. Ceci constitue une des différences majeures avec les études menées pour SKA, ce qui se traduit par des spécifications instrumentales moins contraignantes. Des outils d'analyse de données et de simulation ont été développés en France dans le cadre du projet BAORadio. Ils ont été utilisés en particulier pour estimer la sensibilité des différentes configurations instrumentales pour la mesure de $P(k)$ et de l'échelle acoustique en radio [4]. Il est également important de noter que la configuration des instruments précurseurs de SKA

(ASKAP, MeerKAT) ne permet pas d'avoir une sensibilité suffisante pour la mesure du spectre de puissance aux échelles angulaires des oscillations baryoniques. La publication [6] présente ce point, ainsi que l'étude de soustraction des avant-plans (extraction du signal cosmologique), à travers une approche complémentaire de celle de la référence [4]. Notre projet, beaucoup moins ambitieux que SKA, pourrait se concrétiser assez rapidement (4-5 ans) et permettrait alors de valider certains concepts utilisés dans SKA. Au sein d'un groupe comprenant des scientifiques américains (Univ. Carnegie Mellon à Pittsburgh, Univ. Wisconsin, Fermilab), canadiens (CITA, Toronto), et Chinois (NAOC), nous tentons de constituer une collaboration pour construire un instrument radio pour un relevé cosmologique à 21 cm, couvrant le domaine en décalage vers le rouge $0.3 \leq z \leq 2.5$ sur un site approprié en Chine.

B) BAORadio et FAN : Pour valider le concept d'interféromètre radio avec des réflecteurs cylindriques, un prototype a été construit à l'université Carnegie Mellon (Pittsburgh). Il comprend 2 petits réflecteurs cylindriques de 25m de long et 10m de large. Il a permis d'effectuer des observations astronomiques à basse résolution angulaire ($\sim 0.5-1^\circ$). Les réflecteurs cylindriques ne constituent pas la seule configuration instrumentale envisagée. En effet, un interféromètre constitué d'une centaine de paraboles de petite dimension [6] permettrait également d'atteindre la sensibilité nécessaire pour un relevé cosmologique à 21cm. Depuis fin 2010, nous travaillons sur un prototype d'interféromètre utilisant des petites paraboles pour en évaluer les performances.

Le projet de R&D initié par le LAL (CNRS/IN2P3) et l'IRFU/SPP (CEA) a abouti au développement de la chaîne électronique et informatique BAORadio. La mise au point des éléments de la chaîne a été effectuée en collaboration avec les équipes de l'observatoire de Paris depuis 2007. Des tests ont été réalisés avec le NRT et à Pittsburgh. Cette chaîne électronique équipe également FAN (Focal Array at Nançay), qui est un projet de R&D constitué d'antennes en réseau situées au foyer du NRT, offrant 2 lobes simultanés [5]. Outre la chaîne électronique, FAN utilise le corrélateur logiciel BAORadio et a permis de tester un corrélateur FPGA sur le ciel.

III.2. Chaîne d'acquisition électronique et informatique BAORadio

L'originalité du système électronique développé entre 2007 et 2009 réside dans sa conception entièrement numérique, et dans l'utilisation de circuits câblés à base de FPGA afin d'obtenir une puissance de traitement importante, avec un coût et une consommation modérés [7]. La conception de ce système s'approche de celle de la banque de composants CASPER [8], développées à Berkeley aux Etats-Unis, ou de l'initiative de RadioNet en Europe, avec le développement de la carte UNIBOARD [9]. La gamme de fréquence 0.5-1.5 GHz est découpée en plusieurs bandes de ~ 250 MHz de large, et le signal analogique provenant des récepteurs est numérisé à 500 MHz, après une étape d'amplification et de filtrage, et un décalage de fréquence. Ce flot numérique est ensuite traité par les différents étages de la chaîne électronique et d'acquisition. Outre des tests de mise au point en laboratoire, le programme de qualification comprenait des tests effectués en situation réelle auprès du NRT et du prototype de réflecteurs cylindrique de Pittsburgh. La chaîne d'acquisition comporte les éléments suivants :

- Des modules analogiques (**AEM**) d'amplification, de filtrage et de décalage en fréquence qui permettent le découpage du signal en bande de 250 MHz (IRFU,CEA).
- Une distribution d'horloge et de signaux de synchronisation (**DCLK**), avec un jitter de +/- 30ps (IRFU,CEA).
- Des cartes de numérisation à 4 voies (**DIGFFT**), fonctionnant à 500 MHz (conçue et réalisée par le LAL). Cette carte est équipée de circuits programmables puissants, capables d'effectuer au vol le filtrage numérique des signaux par FFT. Les données brutes ou après filtrage sont transmises par des liens optiques haut débit (~ 5 Gbits/s) vers les ordinateurs d'acquisition, ou vers un système dédié de corrélateur et de reconstruction de lobe. Le code embarqué (firmware) de filtrage numérique est réalisé par l'IRFU et le LAL.

- Des modules de réception des données (**PDR**), à la norme PCI-Express, capables de soutenir des débits de plusieurs centaines de méga-octets/s vers les mémoires des ordinateurs d'acquisition (code embarqué également développé au LAL).
- Un système d'acquisition et de traitement au vol des données basé sur des grappes de PC a été développé sous la responsabilité du LAL, en collaboration avec l'IRFU. Un corrélateur logiciel, capable de traiter au vol le flot des données provenant des cartes DIGFFT a été mis au point en 2010. Ce système a été utilisé avec succès à Pittsburgh fin 2010 et a été déployé à Nançay pour le prototype FAN depuis l'été 2011.

III.3. Qualification et déploiement du système

Les premiers tests de la chaîne électronique ont été effectués au foyer du NRT en juillet 2008. D'autres campagnes de tests ont été menées en 2009 à Nançay, et à Pittsburgh en Juin 2009, en Novembre 2009 et en Décembre 2010. Outre le projet FAN, **plusieurs projets pilotes ont donc utilisé cette chaîne** :

A) Observations d'amas de galaxies avec le NRT (programme Hicl) : Nous menons à Nançay un programme d'observation en vue de la recherche d'émission HI dans des amas proches ($z < 0.12$) tels que Abell 85, Abell 168, Abell 1225, Abell 2440. Depuis fin 2010, les deux polarisations orthogonales du récepteur cryogénique du NRT sont acquises à la fois par le système classique (corrélateur) et par la chaîne d'électronique BAORadio. Les observations de routine sont effectuées de mars à octobre 2011 et nous avons accumulé plus de 140 To de forme d'onde (archivées au Centre de Calcul de l'IN2P3/Lyon), correspondant à 65h d'observations brutes. Les échantillons sont analysés par des techniques de filtrage statistique pour éliminer une partie des RFIs (fig. 1). Les données acquises permettent d'étudier avec une précision jusqu'à présent inégalée, la stabilité du récepteur du NRT : la diminution du bruit en fonction du temps a été vérifiée, et les mesures réparties sur plus d'un année permettent de cerner certaines variations de gain (\sim mJy).

B) Observations en mode interférométrique et calibration : Une campagne d'observation en mode interférométrique avec 16 voies de numérisation a été menée à Pittsburgh en 2009 (fig. 2&3). En décembre 2010, une nouvelle campagne d'observations à Pittsburgh a été effectuée avec 32 canaux, avec numérisation et FFT effectuées par les cartes DIGFFT couplées à un corrélateur logiciel constitué de 8 PCs interconnectés. La calibration des antennes a été réalisée en utilisant les visibilités des transits des sources brillantes.

L'interféromètre de test proposé nous permettra d'étudier précisément la procédure de calibration à appliquer, de déterminer la fréquence des calibrations (stabilité de l'électronique...) et de mesurer les éventuelles corrélations du bruit entre les antennes. La réalisation de cet interféromètre à Nançay permettra une étude systématique des divers effets, étude qu'il est très difficile de mener à Pittsburgh (temps de mesure limité, configuration des dipôles...).

III.4. Proposition d'installation d'un interféromètre à Nançay

Nous proposons d'installer à Nançay (qui est un site protégé) un petit réseau interférométrique constitué de paraboles de petite taille ($D=4.5$ mètres). Ceci peut être vu comme une étude de la viabilité d'un interféromètre grand champ utilisant un grand nombre (quelques centaines) de petites paraboles pour un relevé cosmologique à 21 cm. Une étude d'impact radioélectrique sur la station devra être menée (ne pas créer de perturbations) en lien avec les possibilités d'implantation.

A) Description de l'appareillage. Le système comportera des paraboles de type « parabole de télévision » de 4.5 mètres de diamètre. Le réseau aurait une surface totale de plus de 60 m² avec 4 paraboles.

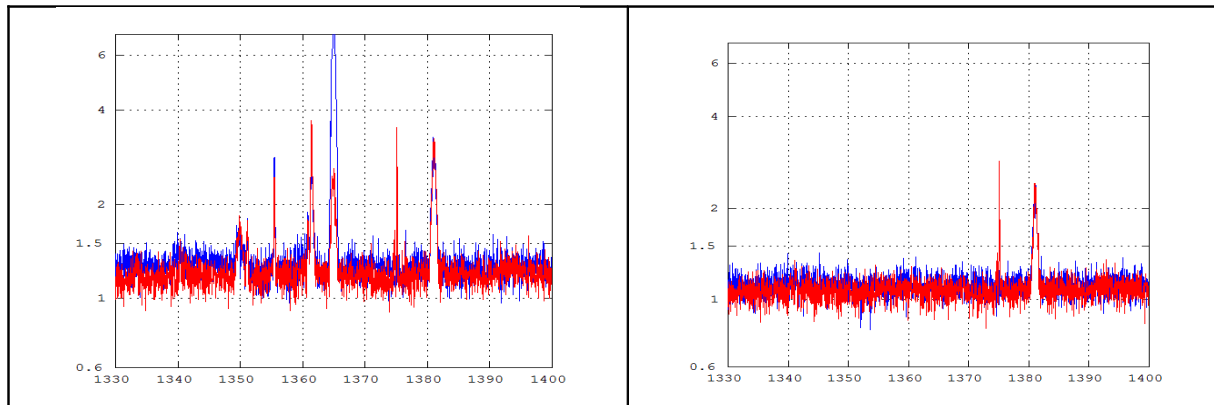


Figure 1 Illustration de la réduction des bruits radios intermittents (RFI) sur la bande de fréquence [1330,1400] MHz. A gauche, des spectres issus d'une moyenne sur 2.5 millions de trames enregistrées (~80 sec de données), à droite les mêmes données après l'application d'une filtre médian temporel sur des lots de 25,000 trames. Il ne reste que des bruits permanents sur une échelle de temps de l'ordre de 3sec. Les deux polarisations du récepteur du NRT sont différenciées par la couleur.

Un réseau « dense » de 4 paraboles de 4.5 mètres de diamètre aurait un champ de vue instantané $FOV \approx 4.7^\circ \times 4.7^\circ$ et une résolution typique de $\sim 2.7^\circ$ à $\lambda = 0.3m$ ($z = 0.5$) ; en allongeant la ligne de base pour atteindre une distance entre récepteurs de $2 \times 4.5m$ on atteindrait une résolution de $\sim 1.3^\circ$.

Les paraboles seront orientables avec des montures motorisées sur 2 axes pour pouvoir positionner le réseau à distance ce qui permet une utilisation permanente de l'installation sans opérateurs locaux, et permettre des observations avec suivi de sources. Diverses configurations de l'interféromètre seront envisagées, ce qui impactera les modes de fixation au sol en cours d'étude.

Une étude mécanique a été réalisée (voir les plans donné en Annexe), pour la réalisation de supports d'antennes résistants (tempêtes) et d'un impact modéré au niveau de l'implantation (minimiser les quantités de béton, et les coûts), et pouvant être reconfigurés. Un ensemble de 6 positions d'antennes est proposé (3 plots coniques en béton avec 3 fers par plot, pour chaque position d'antenne). Cela permettra de comparer plusieurs configurations d'antennes et d'anticiper l'ajout ultérieur d'antennes pour un surcoût très limité (coût final fortement impacté par la location des 2 toupies à béton).



Figure 2 Photographie prise lors de la campagne d'observation de Novembre 2009 à Pittsburgh. Les réflecteurs cylindriques et la caravane abritant l'électronique d'acquisition sont visibles.

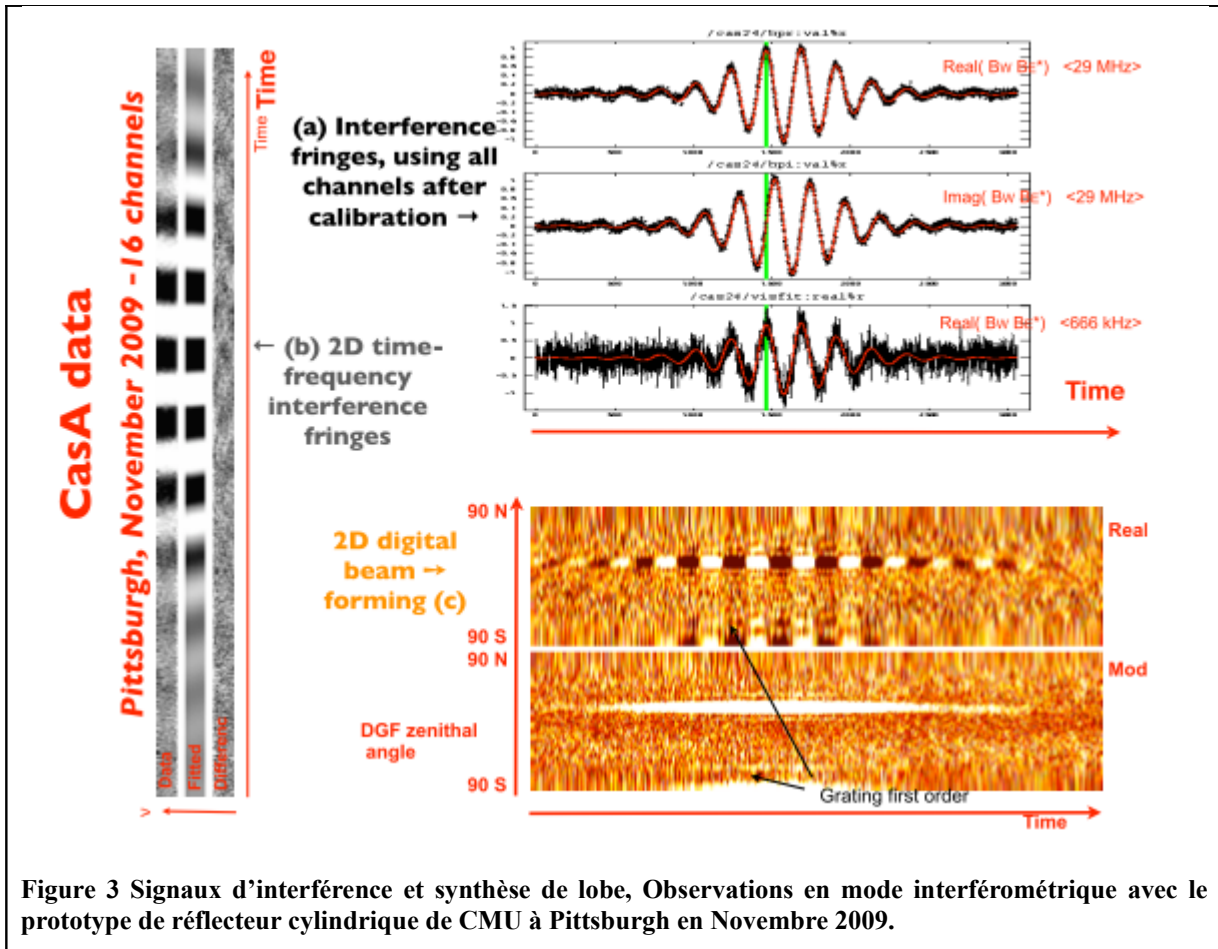


Figure 3 Signaux d'interférence et synthèse de lobe, Observations en mode interférométrique avec le prototype de réflecteur cylindrique de CMU à Pittsburgh en Novembre 2009.



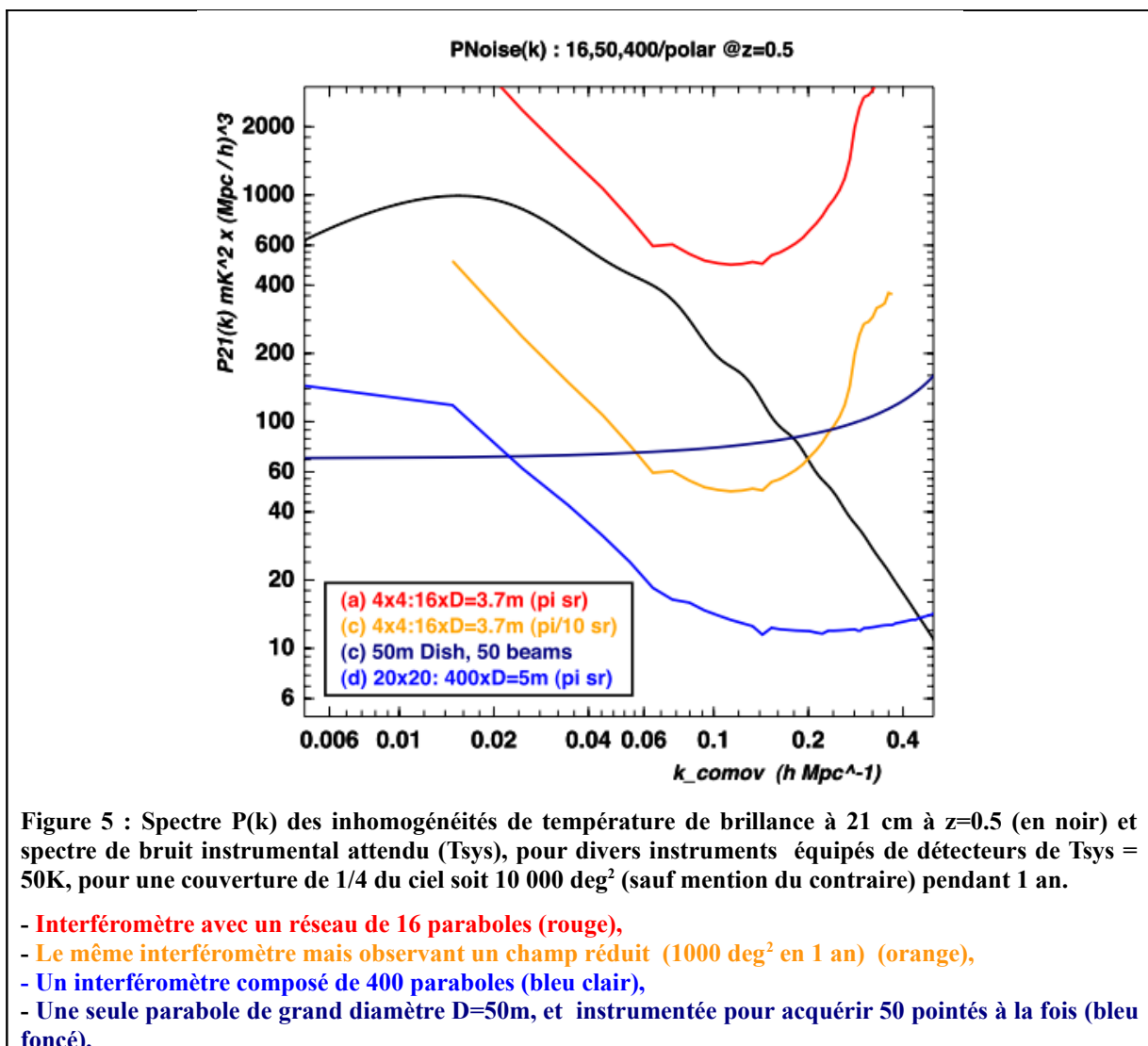
Figure 4 Etude mécanique des antennes. Vue d'artiste de l'implantation sur site.

Nous disposons actuellement de quelques réflecteurs paraboliques de fabrication chinoise de diamètre $D=3.5\text{ m}$, ainsi que de deux réflecteurs de meilleure qualité de fabrication hollandaise RF HAMDesign de diamètre $D=3\text{ m}$. Des études pour la motorisation, l'équipement électronique (incluant les cornets récepteur - voir Annexe) de ces paraboles ont été menées au LAL et à Nançay-Meudon. Le dispositif est en cours d'opération sur un site du LAL. Deux cornets récepteurs sont en cours de fabrication (USN, sous-traitance) sous la supervision du GEPI. **Les objectifs techniques et scientifiques du projet de réseau de 4 réflecteurs sont :**

- Amélioration des algorithmes d'élimination des RFI en bande large (250 MHz) en mode interférométrique,
- Amélioration et validation des méthodes de calibration du gain et de la phase des récepteurs,
- Aide au choix des récepteurs (cornets),
- Validation de la modélisation du bruit,
- Mise au point des programmes d'analyse des visibilité pour reconstruire les cartes du ciel.

Si nous pouvions augmenter le nombre de paraboles pour obtenir une surface de l'ordre de 110m², c'est-à-dire avec 7 à 8 paraboles de 4.5 m de diamètre, soit le double de la présente proposition, alors il serait concevable de procéder à une observation du ciel en mode transit (drift-scan) avec des observations de plusieurs semaines voire plusieurs mois, afin d'atteindre un niveau de sensibilité de quelques mK par élément de résolution. La figure 5 montre la sensibilité attendue, comparé au spectre des fluctuations de température d'émission. Un petit réseau interférométrique pourrait atteindre la sensibilité nécessaire pour mettre en évidence la corrélation de l'émission à 21 cm avec la distribution de matière observée par les relevés optiques dans un domaine en décalage vers le rouge $0.3 \leq z \leq 0.5$.

Après l'utilisation scientifique de ce mini-interféromètre, il est envisagé de le pérenniser à des fins pédagogiques. Cette infrastructure complémentaire des radiotélescope pédagogiques existants ou en projet serait accessible à distance à l'usage d'universités partenaires.



B) Budget

Nous disposons de tous les modules électroniques (électronique analogique, cartes de numérisation, cartes de réception) pour équiper 32 voies (2 polarisations jusqu'à 16 réflecteur-récepteur). Le budget demandé devrait permettre de couvrir le coût d'achat des réflecteurs (fournisseur industriel), les travaux pour la préparation du site, la fabrication des récepteurs (cornets), ainsi que la grappe de PC pour l'acquisition et le traitement au vol des données (calcul des visibilitées).

Tableau récapitulatif du budget global.

Item	Prix unitaire	Nombre	Prix	Demandé à
Paraboles (D=4.5 m)	2,250 €	4	9,000 €	LAL
Interface feed/parabole	800 €	4	3,200 €	OBS. PARIS
Motorsation	1,470 €	4	5,880 €	LAL
Puissance	320 €	4	1,280 €	LAL
Support + béton	8,129 €		8,129 €	OBS. PARIS
Feed (méca)	311 €	4	1,245 €	OBS. PARIS
Électronique	1,500 €	4	6,000 €	LAL/IRFU
Fibres, Ethernet, câblé ...			2,000 €	LAL
PCs	2,500 €	2	5,000 €	LAL
Total			41,734 €	

IV – Tableaux récapitulatifs du financement demandé à l'Observatoire

IV.1. Crédits d'équipement

Intitulé	Coût TTC (k€)
Feed/Récepteur – réalisation interne (2 ensembles)	0.36
Feed/Récepteur – sous-traitance (2 ensembles)	0.89
Interface Feed-Parabole – réalisation interne (4 pc)	2.00
Interface Feed-Parabole – sous-traitance (4 pc)	1.20
Trépied antenne – réalisation interne (4pc)	5.12
Interface trépied/sol – réalisation interne (pour 4 antennes)	1.01
Interface trépied/sol – livraison béton/camion toupie (pour 6 emplacements d'antennes)	2.00
Marges	2.40
Total	14.98 k€

Un devis devra être fourni pour les sommes supérieures à 5 k€ TTC (coût unitaire).

IV.2. Crédits de fonctionnement

Intitulé	Coût TTC (k€)
Missions Meudon-Nançay (préparation et suivi technique) x6	0.6
Total	0.6 k€

V – Annexes

V.1. Références

- [1] Peterson J.B., K. Bandura and U.L. Pen, astro-ph/0606104, (2006)
- [2] F. B. Abdalla, S. Rawlings, MNRAS 360, 27 (2005), voir aussi le site de SKA à <http://www.skatelescope.org/>.
- [3] Tzu-Ching Chang , Ue-Li Pen, J.P. Peterson, P. McDonald PRL, 100 091303 (2008).
- [4] R. Ansari, J.-M. Le Goff, Ch. Magneville, M. Moniez, N. Palanque-Delabrouille, J. Rich, V. Ruhlmann-Kleider and Ch. Yèche, ArXiv:0807.3614 (2008), submitted to A&A.
- [5] R&D at Nançay for radio astronomy detectors and systems , S. Bosse et al., Astrophysics Detector Workshop 2008 P. Kern (ed) EAS Publications Series, 37 (2009) 127-134 et http://csas.ee.byu.edu/PAFSKA2011/Presentations/Viou_FAN_Nançay_presentation.pdf
- [6] R. Ansari, J.E. Campagne, P.Colom, J.M. Le Goff, C. Magneville, J.M. Martin, M. Moniez, J.Rich, and C.Yèche, 21 cm observation of LSS at $z \sim 1$ Instrument sensitivity and foreground subtraction, accepté pour publication par A&A , 2011, arXiv:1108.1474
- [7] R. Ansari, J.E. Campagne, P.Colom, C. Magneville, J.M. Martin, M. Moniez, J.Rich, and C.Yèche, BAORadio : Cartographie 3D de la distribution de gaz HI dans l'Univers Contribution aux Journées URSI 29-30 mars 2011, Paris et "BAORadio: A digital pipeline for radio interferometry and 21cm mapping of large scale structures" Comptes-rendus de l'Académie des Sciences janvier-février 2012, T13, p46. Version abrégée en français arXiv:1106.5659
- [8] Center for Astronomy Signal Processing and Electronics Research web site <http://casper.berkeley.edu/>
- [9] Advanced Radio Astronomy in Europe (RadioNet) Uniboard <http://www.radionet-eu.org/uniboard>

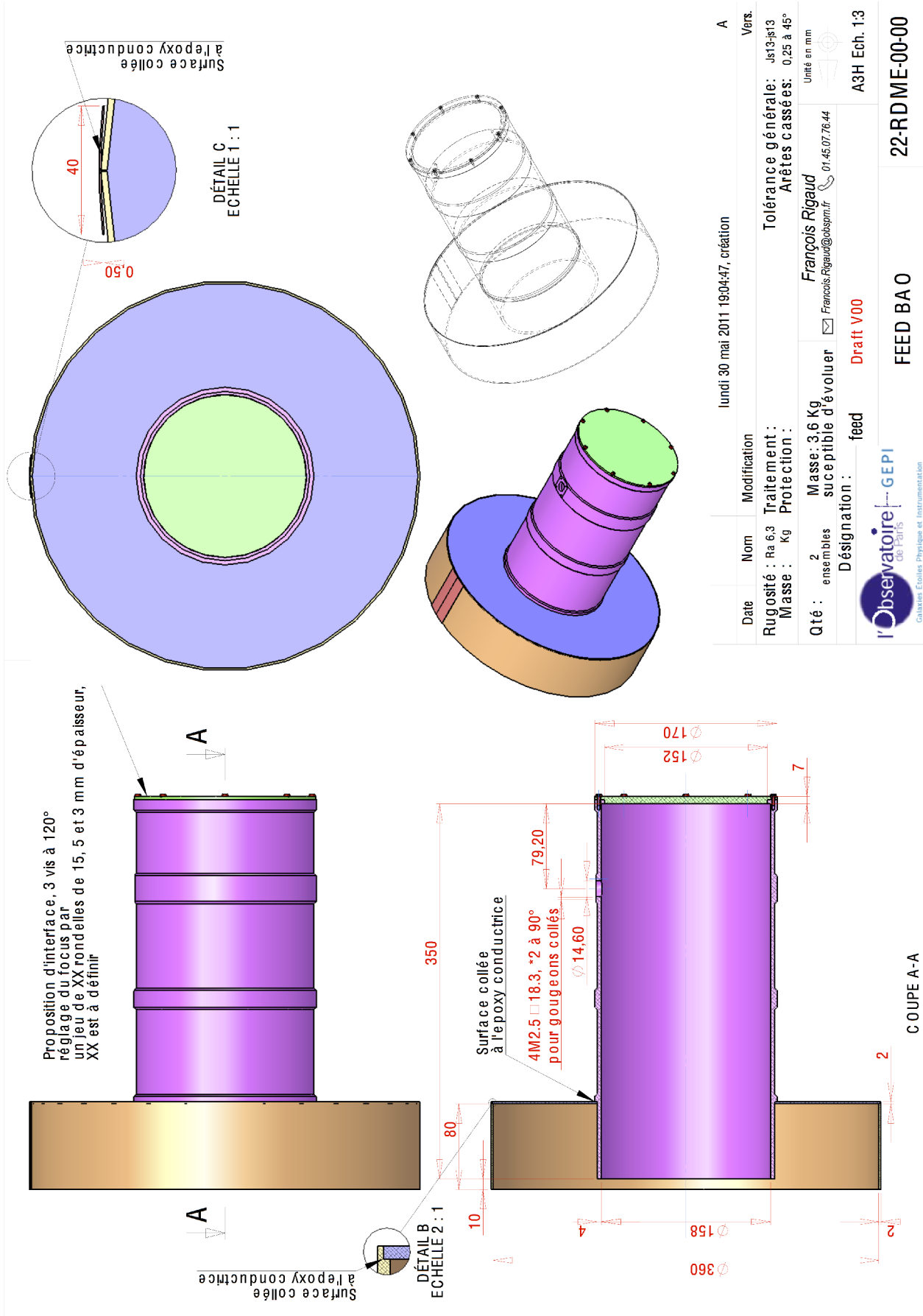
V.2 Plans (support antennes V. février 2012, et cornets V. 2011)

No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	parabole		1
2	22-02-11_bras_pied		3
3	22-02-12_montant		1
4	22-02-16_plot_en_beton	600 Dm3, 1.5 tonnes	3
5	Droit		1
6	22-02-13_renfort_poteau		3
7	22-02-14_triangle_ancrage_sol		3
8	rd_spherique_D16		6
9	rondelle_plate_M16		36
10	écrou h M16		24
11	Vis H M16-60		9
12	Vis H M16-30		6
13	spid_big_ras_hr		1
14	22-02-15_tige_filete_ancrage_beton		9
15	spid_controlleur_md-01		1
16	presse_etoupe_lapp_kabel_53111010		2
17	presse_etoupe_lapp_kabel_53111020		1
18	rondelle_plate_M8		4
19	écrou h M8		4
20	22-02-17_boite_electronique		1
21	22-02-18_platine_boite_electronique		1
22	22-02-19_fixation_platine_elec		2
23	22-02-20_tige_fixe_platine_elec		4

DÉTAIL A
ECHELLE 1 : 5

Date	mercredi 22 février 2012 21:09:44, création	Vers.	A
Modif			
Qté	4		
Tolérance générale: Jst3-hst3		Unité en mm	
Rugosité : Ra 6.3		Arêtes cassées: 0.25 à 45°	
Masse : Kg		Protection :	
Désignation : 22-02-00_ens_pied_parabole		A3H Ech. 1:50	
		François Rigaud 01 45 07 76 44 François.Rigaud@obspm.fr	
FEED BA O		22-RDME-02-00	

Imprimé le mercredi 22 février 2012 22:53:23 Solid Works 2008



Date	lundi 30 mai 2011 19:04:47, création	Modification		Vers.	A
Rugosité :	Ra 6,3	Traitement :		Tolérance générale :	±0,13
Masse :	kg	Protection :		Arêtes cassées :	0,25 à 45°
Qté :	2	Masse :	3,6 Kg	Unité en mm	
	ensembles	susceptible d'évoluer	✉ François.Rigaud@obspm.fr	01-45-07-76-44	
Désignation :		feed	Draft V00	A3H Ech. 1:3	
			22-RDME-00-00 FEED BA 0		
Imprimé le lundi 30 mai 2011 19:38:42 SOLIDWORKS 2008					